第３講　2018年度 試行調査 第3問 & 演習問題

■ 2018年度 試行調査

第３問 次の文章を読み，下の問い（**問１〜3**）に答えよ。
〔**解答番号** 13 〜 15 〕（配点　12）

ケーキ生地に電流を流し，発生するジュール熱でケーキを焼く実験をすることになった。**図１**のように，容器の内側に，２枚の鉄板を向かい合わせに立てて電極とし，ケーキ焼き器を作った。鉄板に，電流計，電圧計，電源装置を接続した。ケーキ生地を容器の半分程度まで入れ，温度計を差し込んだ。ケーキ生地には，小麦粉に少量の食塩と炭酸水素ナトリウムを加え，水でといたものを使用した。電源装置のスイッチを入れてケーキ生地に交流電流を流し，電流，電圧，温度を測定した。

図２に電流計の示した値を，**図３**に温度計の示した値を，いずれもスイッチを入れて測定を開始してからの経過時間を横軸にとって表した。なお，測定中，電圧計は常に100V を示していた。

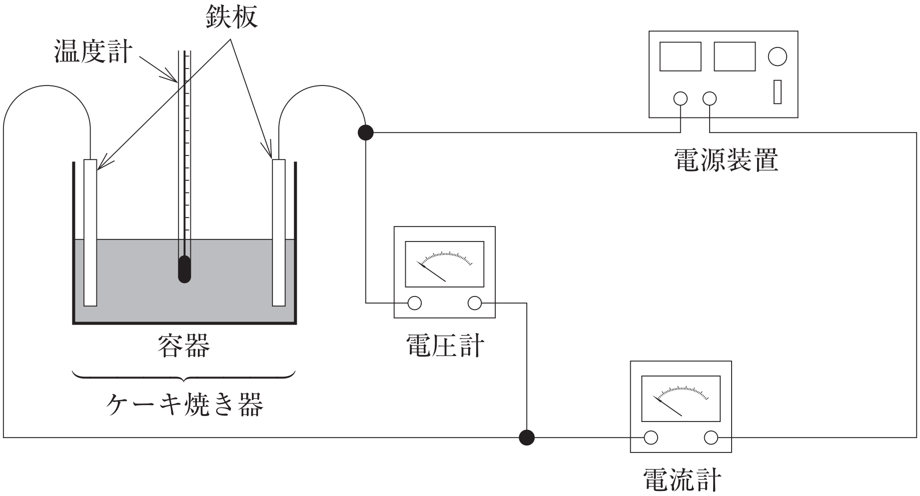

図 1

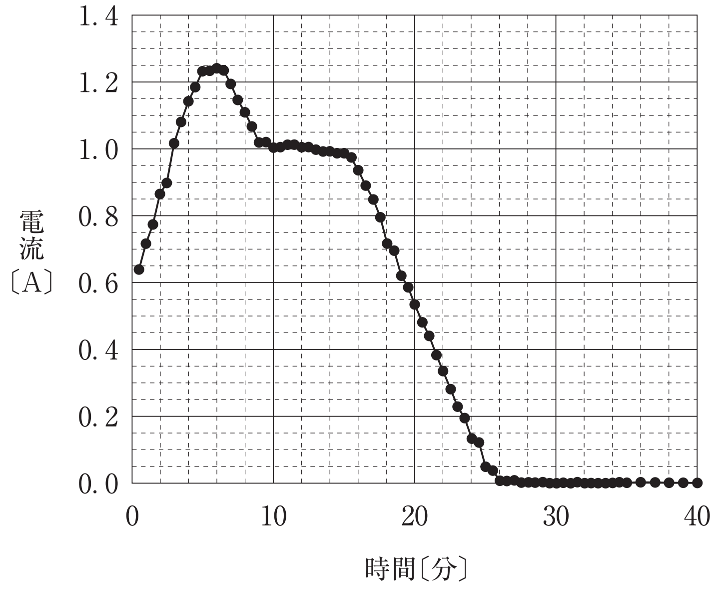
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
電流〔A〕
0
10
20
30
40
時間〔分〕

図２

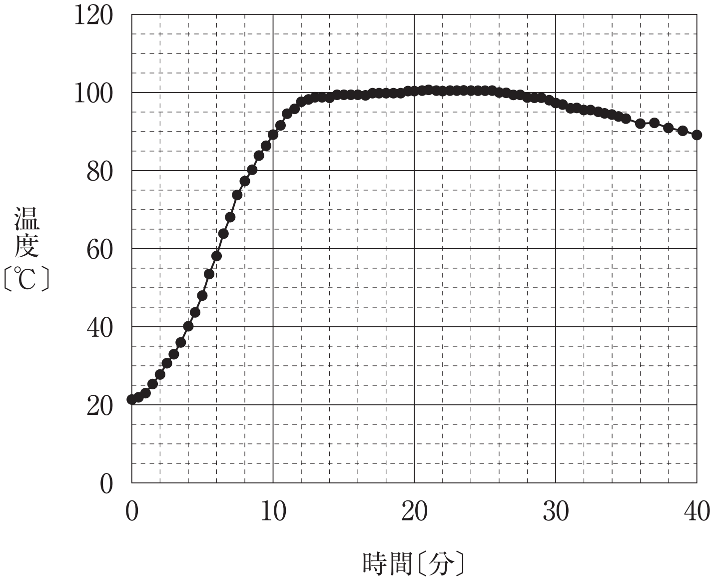
120
100
80
60
40
20
0
温度〔℃〕
0
10
20
30
40
時間〔分〕

図３

問１　電流は時間の経過に伴い**図２**のように変化した。したがって，ケーキ生地を一つの抵抗器とみなすと，その抵抗値は時間の経過に伴い変化したと考えられる。測定開始後６分での抵抗値は何Ωか。最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。［13］Ω

① 0.0125　② 1.25　③ 80　④ 100　⑤ 125

問２　測定開始後 10 分から 15 分までの間に，ケーキ生地で消費された電力量はおよそ何Ｊか。最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。［14］Ｊ

① 5　② 100　③ 500　④ 30000　⑤ 50000

問３　測定開始後 15 分から 25 分までの間では，**図２**および**図３**から，ケーキ生地に流れる電流はしだいに減少し，ケーキ生地の温度は 100℃を大きく超えずほぼ一定であったことがわかる。このとき，ケーキ生地は容器いっぱいにふくらみ，ケーキ生地から出る湯気の量は時間の経過に伴い減少していった。ケーキ生地の温度が 100℃を大きく超えなかった理由として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。［15］

① ケーキ生地にかかる電圧が変化せず，消費電力が一定であったため。
② ケーキ生地の中の水分が沸点に達し，発生するジュール熱が水の蒸発に使われたため。
③ ケーキ生地の中で単位時間あたりに発生するジュール熱が一定であったため。
④ ケーキ生地から単位時間あたりに放出される熱量が一定であったため。

■ 演習問題

1 人体も物質から構成されている以上，電気的なふるまいを示す。人体の電気的性質は，接触部位や接触面の状態等のさまざまな要因に依存し，また心理的影響も見られるため，精密な測定は容易ではないが，今回は乾電池と電流計を用いて簡易的に調べてみよう。

電圧が 1.5V の乾電池２個と電流計を直列に接続し，テスター棒が付いた導線を両端にそれぞれ接続して，**図１**のように右腕の前腕部の２点にテスター棒をそれぞれ押し当てると電流が流れる。テスター棒を押し当てた２点間の距離を L とする。L = 15 cm のときに流れた電流は 2.0×10^{-6} A であったとして，次の問いに答えよ。

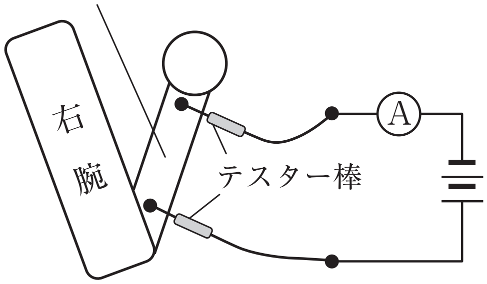

図１

問１　L=15 cm のときの２点間の電気抵抗を有効数字２桁で求め，最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 **1** Ω

① 1.0×10^{3}　② 1.5×10^{3}　③ 2.0×10^{3}
④ 1.0×10^{6}　⑤ 1.5×10^{6}　⑥ 2.0×10^{6}

考察１　前腕部を電気的に一様な円柱で近似できると仮定してみる。この部分の抵抗率を ρ，断面積を S とする。

問２　$\dfrac{\rho}{S}$ を，単位を Ω/cm として有効数字２桁で求め，最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 **2** Ω/cm

① 1.0×10^{3}　② 1.5×10^{3}　③ 2.0×10^{3}
④ 1.0×10^{5}　⑤ 1.5×10^{5}　⑥ 2.0×10^{5}

問 3　距離 L だけを 3.0 cm に縮めたときに，考察 1 の仮定にもとづいて予想される電流を有効数字 2 桁で求め，最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

[3] A

① 1.5×10^{-3}　② 4.5×10^{-3}　③ 6.0×10^{-3}
④ 1.0×10^{-5}　⑤ 3.5×10^{-5}　⑥ 7.5×10^{-5}

距離 L だけを 3.0 cm に縮めて測定したところ，電流の値は 2.0×10^{-6} A から変わらなかった。そのため，考察 1 の仮定は否定される。それも当然で，人体は明らかに一様ではない。筋肉等のイオンを多く含む組織の抵抗率と皮膚の抵抗率が同じになるとは考えにくい。

考察 2　前腕部を皮膚と筋肉等の内部組織に分け，**図 2** のような電気回路で近似する。皮膚表面から内部組織に侵入する際の電気抵抗を R_0，皮膚表面を流れる電流に対する電気抵抗を R_1，内部組織の電気抵抗を R_2 とする。

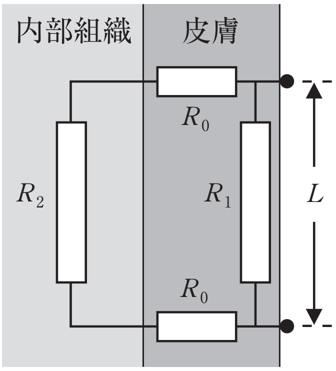

図 2

問 4　テスター棒を押し当てた，距離 L だけ離れた 2 点間の合成抵抗を，R_0，R_1，R_2 を用いて表した式として，最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

[4] Ω

① $R_0+R_1+R_2$　② $\dfrac{R_0R_1+R_1R_2+R_2R_0}{R_0+R_1+R_2}$　③ $\dfrac{(R_0+R_2)R_1}{R_0+R_1+R_2}$
④ $\dfrac{(2R_0+R_2)R_1}{2R_0+R_1+R_2}$　⑤ $\dfrac{(R_0+R_1)R_2}{R_0+R_1+R_2}$　⑥ $\dfrac{(2R_0+R_1)R_2}{2R_0+R_1+R_2}$

電気抵抗 R_1, R_2 は距離 L に依存するが R_0 は依存しない。したがって，2 点間の合成抵抗が R_1, R_2 にはほとんど依存せず，近似的に R_0 だけで決まるとすると，距離 L だけを 3.0 cm に縮めた実験結果を説明できる。では，どのようなときに合成抵抗が近似的に R_0 だけで決まるだろうか。この疑問に答えるために，電気抵抗が大きく異なる抵抗 2 個を直列あるいは並列につないだ場合の合成抵抗を計算してみよう。

問 5　電気抵抗が 25 Ω と 0.010 Ω の抵抗を直列あるいは並列につないだ場合の合成抵抗を，それぞれ有効数字 2 桁で求め，正しい組合せを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 5

	直列	並列
①	25 Ω	1.0 Ω
②	25 Ω	0.1 Ω
③	25 Ω	0.010 Ω
④	2.5 Ω	1.0 Ω
⑤	2.5 Ω	0.10 Ω
⑥	2.5 Ω	0.010 Ω

このように，電気抵抗が大きく異なる場合，合成抵抗は近似的に片方の電気抵抗だけで決まる。したがって，電気抵抗 R_0, R_1, R_2 の値はそれぞれ大きく異なると考えられる。

問 6　距離 L だけを 3.0 cm に縮めた実験結果を説明できる条件として最も適当なものを次の①～⑥のうちから一つ選び，番号で答えよ。ただし，$x \gg y$ は，x が y に比べて十分に大きいことを意味する。 6

① $R_0 \gg R_1 \gg R_2$　② $R_1 \gg R_2 \gg R_0$　③ $R_2 \gg R_0 \gg R_1$

④ $R_0 \gg R_2 \gg R_1$　⑤ $R_2 \gg R_1 \gg R_0$　⑥ $R_1 \gg R_0 \gg R_2$

< Note >

第３講　2018年度 試行調査 第3問＆演習問題　解答

■ 2018年度 試行調査

問題番号（配点）	設問	解答番号	正解	配点
第３問 (12)	1	13	3	4
	2	14	4	4
	3	15	2	4

■ 演習問題

問題番号	設問	解答番号	正解
1	問１	1	5
	問２	2	4
	問３	3	4
	問４	4	4
	問５	5	3
	問６	6	6